



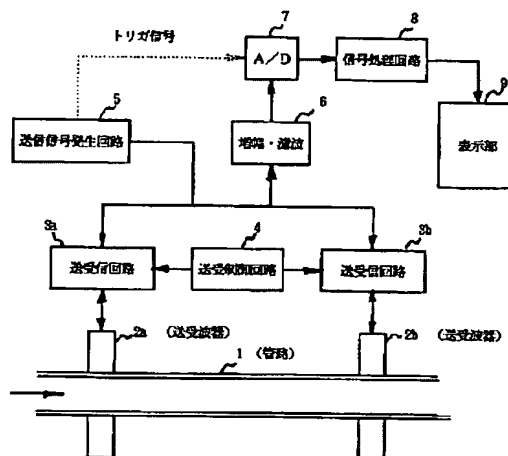
## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003014514 A**(43) Date of publication of application: **15.01.03**(51) Int. Cl. **G01F 1/66**(21) Application number: **2001195885**(22) Date of filing: **28.06.01**(71) Applicant: **NATIONAL INSTITUTE OF  
ADVANCED  
INDUSTRIAL & TECHNOLOGY  
KAJO CORP**(72) Inventor: **ISHIKAWA HIROAKI  
TANIGUCHI MAKOTO  
SHIMIZU KAZUYOSHI  
TAKAMOTO MASAKI****(54) ULTRASONIC FLOWMETER****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the SN of received signals and the measuring accuracy of a flowmeter provided with a pipeline in which a fluid flows and a plurality of ultrasonic transducers disposed along the pipeline, by making ultrasonic oscillations hardly attenuated during propagating thereof in the pipeline made of a soft material such as resin.

**SOLUTION:** The flowmeter is constituted so that at least one transducer excited by a signal containing a frequency component for generating in a fluid an ultrasonic wave approximately equal to the inner diameter of a pipeline made of a soft material such as resin. This makes ultrasonic oscillations propagating via a fluid in the pipeline hardly attenuated to improve the SN and the measuring accuracy of received signals.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-14514  
(P2003-14514A)

(43)公開日 平成15年1月15日(2003.1.15)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 F 1/66

識別記号

F I

G 0 1 F 1/66

テーマコード(参考)

Z 2 F 0 3 5  
A

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2001-195885(P2001-195885)

(22)出願日 平成13年6月28日(2001.6.28)

(71)出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所  
東京都千代田区霞が関1-3-1

(71)出願人 000124959

株式会社カイジョー  
東京都羽村市栄町3丁目1番地の5

(72)発明者 石川 博朗

東京都羽村市栄町3丁目1番地の5 株式  
会社カイジョー内

(74)代理人 100088786

弁理士 櫻井 俊彦

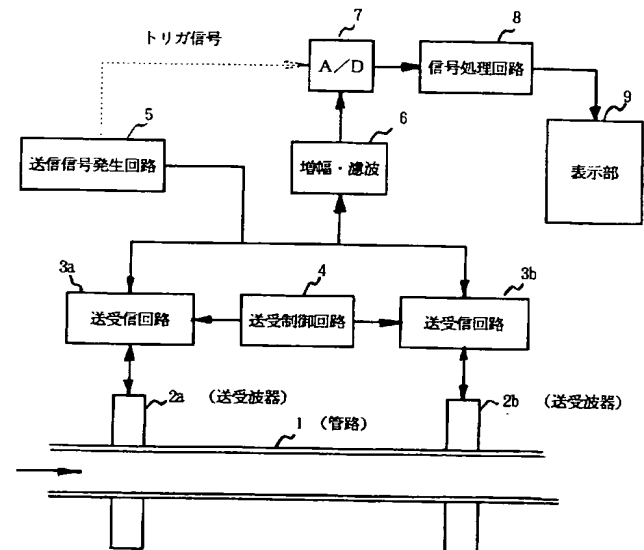
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波流量計

(57)【要約】

【課題】流体が流れる管路と、この管路に沿って設置される複数の超音波トランスジューサとを備えた流量計において、樹脂などの軟質の素材で構成される管路内を伝搬する超音波の減衰を生じにくくし、受信信号のSNと測定精度の向上を図る。

【解決手段】本発明の流量計は、トランスジューサの少なくとも一つが、樹脂などの軟質の素材等で構成される管路の内径にほぼ等しい波形の超音波を流体中に発生させる周波数成分を含む信号によって励振することにより、管路内の流体を伝搬する超音波振動の減衰を生じにくくし、受信信号のSNと測定精度の向上を図るように構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】流体が流れる管路と、この管路に沿って設置される複数の超音波トランスジューサとを備えた超音波流量計において、

前記超音波トランスジューサの少なくとも一つは、前記管路の内径にほぼ等しい波長の超音波を前記流体中に発生させる周波数成分を含む信号によって励振されることを特徴とする超音波流量計。

【請求項2】前記管路の素材は樹脂であることを特徴とする請求項1記載の超音波流量計。

【請求項3】前記超音波の送受波器は中心部に形成された開口に前記管路が嵌合せしめられる構造を有することを特徴とする請求項1と2のそれぞれに記載の超音波流量計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超音波流量計、特に、小径の管路を用いる場合に好適な超音波流量計に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】種々の流体の流速や流量の計測に超音波流量計がひろく利用されてきた。超音波流量計の典型的なものは、流体の流路にそって1対の超音波トランスジューサを配置し、超音波を流路の下流に伝搬させた場合の伝搬所要時間と、逆に上流に伝搬させた場合の伝搬所要時間とを測定し、両者の差から流体の流速と流量を計測するように構成されている。

【0003】最近、測定対象の流体が半導体の処理に使用するエッチング液など腐食性の液体などが多くなってきており、従来広く使用されてきた金属製の管路が使用できず、樹脂製の管路の使用が必要になってきている。また、最近、微小な流量の測定も要求されるようになってきた。この場合、測定対象の流速が超音波の伝搬速度に比べて圧倒的に小さくなり、測定精度が低下するという問題がある。この測定精度の低下を回避するため、流路の径を絞って流速を増加させることも行われている。この結果、内径が数mmのごく細の管路の使用などが必要になってきている。このごく細の管路を使用するために、中心部分に開口が形成された円環形状のトランスジューサを使用し、その中心部分の開口にごく細の管路を嵌合させた構造の超音波流量計が使用される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の円環形状の送受波器の中心部分にごく細の管路を嵌合させる構造の超音波流量では、管路の素材を剛性の低い樹脂とした場合、超音波の減衰が大きすぎて受信信号のレベルが小さくなりすぎ、このため、測定精度を確保できないという問題が存在することが明らかになった。従って、本発明の目的は、樹脂製のごく細管を用いた場合でも超音波の減衰を生じにくくすることにより、受信信号のSN比と

測定精度を向上させた超音波流量計を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記従来技術の課題を解決する本発明の超音波流量計は、流体が流れる管路と、この管路に沿って設置される複数の超音波トランスジューサとを備えている。そして、超音波トランスジューサの少なくとも一つは、管路の内径にほぼ等しい波長の超音波を流体中に発生させる周波数成分を含む信号によって励振されることにより、超音波の減衰を抑圧するように構成されている。

## 【0006】

【発明の実施の形態】本発明の好適な実施の形態によれば、管路の素材は樹脂であり、腐食性の薬品などの流量計測が可能のように構成されている。

【0007】本発明の他の好適な実施の形態によれば、超音波の送受波器は中心部に形成した開口に管路が嵌合せしめられる構造を有することにより、微小な流量を精度良く測定可能のように構成されている。

## 20 【0008】

【実施例】図1は、本発明の一実施例の超音波流量計の構成を示すブロック図である。この超音波流量計は、ごく細の管路1と、この管路に沿って間隔をおいて設置される1対の超音波送受波器2a、2bと、送受信回路3a、3bと、送受制御回路4と、送信信号発生回路5と、受信回路6と、A/D変換回路7と、受信信号処理回路8と、表示部9とを備えている。

30 【0009】ごく細の管路1は内径が2.3mm、厚み0.5mmで、樹脂(PVDF：ポリフッ化ビニリデン)製の管路である。超音波送受波器2a、2bは、図2の斜視図に示すように、中心部分に開口が形成された円環形状を呈しており、それぞれの開口に管路1が嵌合される。超音波送受波器2a、2bは100mm～200mmの間隔をおいて配置される。

40 【0010】送信信号発生回路5は、図3に示すような幅Tの矩形パルス状の送信信号を発生する。1/T=fとすれば、この周波数fは数百kHzの超音波帯域に設定される。送受信回路3a、3bは、送信信号発生回路5から供給される送信信号を増幅し、対応の超音波送受波器2a、2bに供給するという送信動作を行う。この送信動作は、送受信制御回路4からの制御信号に従って送受信回路3a、3b間で交互に反復される。送受信回路3a、3bは、上記送信動作を行わない期間内は、対応の超音波送受波器2a、2bが受けた受信信号を増幅・濾波回路6に転送する受信動作を行う。

50 【0011】超音波送受波器2a、2bは、送信信号で励振されると、径方向に伸縮することにより管路1をその径方向に圧縮・膨張させる。この管路1の径方向への圧縮・膨張は流体に伝達され、これによる圧縮・膨張を受けた流体中に流路方向に圧縮・膨張する縦波が励振さ

れ、管路の延長方向に伝搬される。超音波送受波器 2 a, 2 b の一方から流体中に励振され、流体中を伝搬して他方の送受波器に受信された超音波振動は、送受信回路 3 a, 3 b の一方に受信される。この受信信号の波形を、図 4 に例示する。この受信信号は、増幅・濾波回路 6 を経て A/D 変換回路 7 に供給される。A/D 変換回路 7 は、送信信号発生回路 5 から供給される送信トリガ信号に同期して、アナログ受信信号をデジタル受信信号に変換し、信号処理回路 8 に供給する。

【0012】信号処理回路 8 は、トリガ信号の発生時点からデジタル受信信号の立ち上がり時点までの時間を検出することにより、超音波が送受波器 2 a, 2 b 間の流体中を伝搬するのに要した伝搬所要時間を検出する。信号処理回路 8 は、超音波が送受波器 2 a から 2 b へと下流方向に伝搬するのに要した伝搬所要時間と、送受波器 2 b から 2 a へと上流方向に伝搬するのに要した伝搬所要時間とを検出し、これらの差に基づき、流体の流速を検出する。信号処理回路 8 は、検出した流速に流路の断面積と、流速の分布を補正するための係数を乗算することにより、流速から流量を算定し、表示部 9 に表示させる。

【0013】本発明者は、この実施例の超音波流量計の開発段階において、超音波の伝搬損失が大きすぎるため、受信信号のレベルが小さすぎて S/N 比が劣化し、その結果測定精度が著しく低するという事態に遭遇した。そこで、本発明者は、送信信号発生回路 5 から供給する送信信号の周波数を変化させて見たところ、特定の周波数において、受信信号のレベルが急増することを見いだした。この現象は、送受波器 2 a, 2 b 間の流体中を伝搬する超音波の伝搬減衰量が特定の周波数において、急減することを意味している。

【0014】図 5 は、受信信号のレベルの周波数依存性を示す実験データである。横軸は送信信号のパルス幅の逆数として定義される送信信号の周波数 (kHz)、縦軸は受信信号の振幅 (volt) である。この実験では、送受波器 2 a, 2 b の距離は 100 mm である。白丸は樹脂製の管路 1 の内部を水で満たした場合のデータ、黒丸は管路 1 の内部を空気で満たした場合のデータである。白丸のデータから、送信信号の周波数が 500 kHz の近傍で受信信号の振幅が急増することが見い出される。この周波数の超音波の水中の管内伝搬速度は毎秒 1200 メートルであるから、上記周波数 500 kHz の送信信号によって水中に励振される超音波の波長は、2.4 mm となる。この超音波の波長は、管路 1 の内径 2.3 mm とほぼ一致する。

【0015】また、黒丸で示す管路 1 内に空気を満たして測定したデータについては、振幅の周波数依存性は見られない。さらに、白丸と黒丸のデータが受信振幅の絶対値や送信信号の周波数依存性に関して異なる特徴を示すということから、各データが流体の性質を反映しているということが判明する。すなわち、各データは、管路

1 の管壁中を伝搬した超音波の振幅ではなく、管路 1 の内部の水中や空気中を伝搬した超音波の振幅を示していることになる。

【0016】図 6 は、図 5 の場合と同様の、送信信号の周波数に対する受信信号のレベルの依存性を示す実験データである。横軸は送信信号のパルス幅の逆数で定義される送信信号の周波数 (kHz)、縦軸は受信信号の振幅 (volt) である。この実験では、送受波器 2 a, 2 b の距離は図 5 の場合の 2 倍の 200 mm に設定されている。白丸は樹脂製の管路 1 の内部を水で満たした場合のデータ、黒丸は管路 1 の内部を空気で満たした場合のデータである。白丸のデータから、図 5 の場合と同様に、送信信号の周波数が 500 kHz の近傍で受信信号の振幅が急増することが見い出される。すなわち、この場合でも、減衰量が急減する超音波の波長は、管路 1 の内径 2.3 mm とほぼ一致する。

【0017】内径が 3 mm、4 mm の管路について行った同様の実験結果からも、水中の超音波の伝搬損失が急減する超音波の波長が、内径にほぼ等しい 3 mm、4 mm であることが確認された。なお、超音波送受波器 2 a, 2 b のインピーダンスの周波数依存性の測定データから、各超音波送受波器の共振周波数は 200 kHz 近傍であることも判明した。本発明者は、現在、上記実験データの理論的な根拠を模索中である。

【0018】以上、P V D F などの樹脂を素材する管路を使用する場合に例にとって本発明を説明した。しかしながら、比較的剛性の高いステンレスなどの金属についても、薄肉のため剛性が低下する場合などには、本発明を適用することにより、小さな伝搬損失を実現することができる。

【0019】また、管壁の変形に基づく大きな伝搬損失が生じやすいごく細の管路を使用する場合を例示した。しかしながら、そのようなごく細の管路を使用しない場合にも本発明を適用することにより、小さな伝搬損失という効果を実現することができる。

【0020】さらに、1 対の送受波器を流路に沿って離間させて設置し、交互に超音波を送信させる構成を一実施例として示した。しかしながら、上記 1 対の送受波器の間に送波器を設置し、この送波器で励振した超音波を上流側と下流側に同時に伝搬させ、上流側と下流側に設置された送受波器でこの超音波を受信することにより上流側への伝搬所要時間と下流側への伝搬所要時間とを検出する構成とすることもできる。

【0021】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の超音波流量計は、管路の内径にほぼ等しい波長の超音波を流体中に発生させる周波数成分を含む信号によって超音波送受波器を励振する構成であるから、実験データに示されるように、伝搬損失が最小の状態での動作が可能になり、高い測定精度が実現できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例の超音波流量計の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 中の管路 1 と超音波送受波器 2 a, 2 b の構成と結合状態を示す斜視図である。

【図 3】送信信号の波形を示す概念図である。

【図 4】受信信号の波形の一例を示す概念図である。

【図 5】上記実施例の超音波流量計について得られた超音波信号の受信レベルの周波数依存性を示す実験データである。

【図 6】上記実施例の超音波流量計について得られた超音波信号の受信レベルの周波数依存性を示す他の実験デ

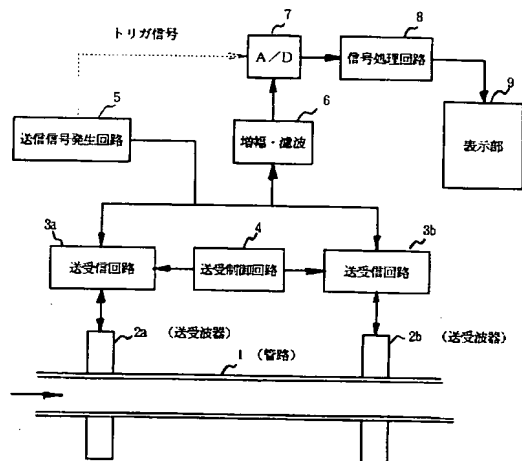
ータである。

## 【符号の説明】

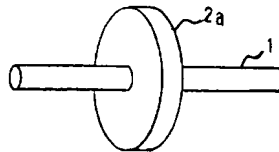
- |        |          |
|--------|----------|
| 1      | 管路       |
| 2a, 2b | 超音波送受波器  |
| 3a, 3b | 送受信回路    |
| 4      | 送受制御回路   |
| 5      | 送信信号発生回路 |
| 6      | 増幅・濾波回路  |
| 7      | A/D変換回路  |
| 8      | 信号処理回路   |
| 9      | 表示部      |

10

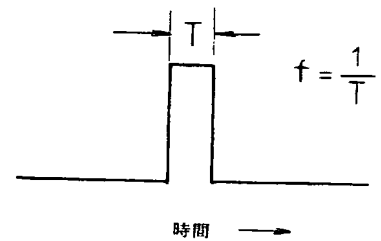
【図 1】



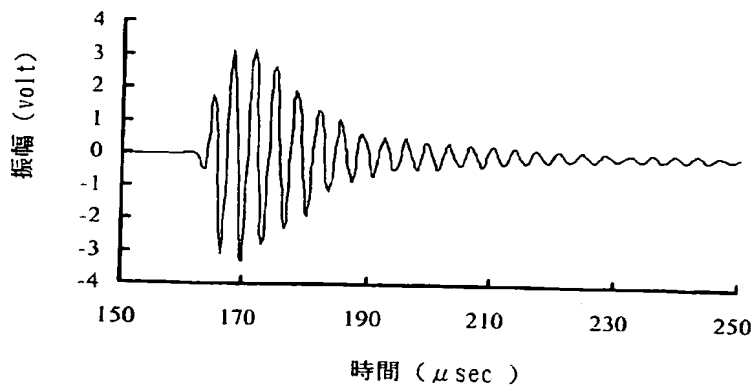
【図 2】



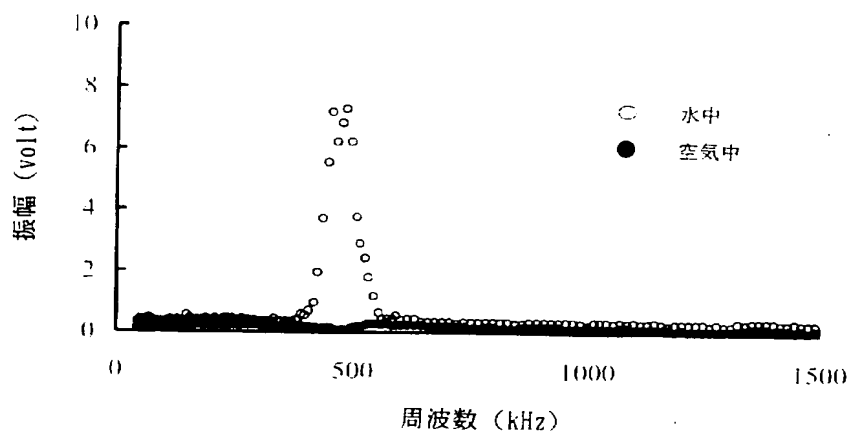
【図 3】



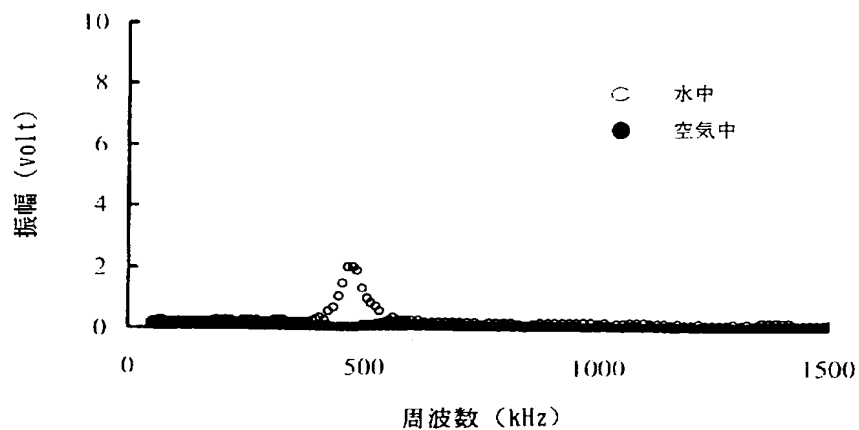
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 谷口 真  
東京都羽村市栄町3丁目1番地の5 株式  
会社カイジョー内

(72)発明者 清水 和義  
東京都羽村市栄町3丁目1番地の5 株式  
会社カイジョー内

(72)発明者 高本 正樹  
茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法  
人産業技術総合研究所 つくばセンター内  
Fターム(参考) 2F035 DA05 DA07 DA14 DA22